

액체 배양에 의한 *Monascus purpureus*가 생산하는 황색색소의 최적 생산조건

최충식¹ · 진춘표 · 이중복 · 이오석² · 이창호³ · 권기석[†]

안동대학교 생명자원과학부, ¹(주)한스바이오, ²경북대학교 식품공학과, ³(재)경북바이오산업연구원

Optimal Culture Conditions for Production of Yellow Pigments from *Monascus purpureus* in Liquid Culture

Chung-Sig Choi¹, Chun-Pyo Jeon, Jung-Bok Lee, Oh-Seuk Lee²,
Chang-Ho Rhee³ and Gi-Seok Kwon[†]

School of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea.

¹HansBio Co., BI center 303, Andong National University, Andong 760-749, Korea.

²Institute of Agricultural Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea.

³Gyeongbuk Institute for Bio Industry, Andong 760-380, Korea.

Abstract

The optimum cultural conditions for production of yellow pigment by *Monascus purpureus* MMK2 were investigated in liquid culture. *Monascus purpureus* MMK2 was shown to give the maximum production of yellow pigment in the medium containing of 3.0% wheat flour, 0.15% NaNO₃, 0.25% Na₂HPO₄ · 12H₂O and 0.15% MgSO₄ · 7H₂O. The optimal culture conditions for temperature and initial pH were 30 °C and 6.5, respectively. The yellow pigment production reached a maximum level at the 7th day of cultivation.

Key words : *Monascus purpureus*, yellow pigment, optimal conditions

서 론

식품색소는 식품산업에서 제품의 가치를 높이고, 소비자의 구매욕과 식욕을 향상시키는 역할을 한다(1). 지금까지 식품공업에서는 합성색소가 많이 사용되어 왔으나 안전성 등이 문제가 되어 식품산업에서 점차 천연색소의 사용량이 증가되고 있다(2). 천연색소는 특수 식물의 꽃, 잎, 뿌리 및 열매로부터 얻거나 미생물이 생산하는 색소에서 얻고 있는데(3), 일반적으로 동물이나 식물을 천연 식용 색소원으로 사용할 경우에는 원료의 수급이나 품질이 천연 색소원으로 사용하는 동식물의 생육 및 생육 시기, 생육 조건 등에 의해 영향을 받게 된다. 반면에 미생물을 사용하여 발효법에 의해 천연 식용 색소를 사용하게 되면 이러한 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 연중 균일한 제품의 생산이

가능하다(4). 특히, 미생물 색소로는 오래전부터 홍주, 육류 가공, 홍두부, 기타 음식물의 착색에 이용된 홍국 (Angkha) 등이 있다(5). 홍국 곰팡이가 생산하는 색소계는 황색계, 적색계 및 자색계의 3종으로 구분되며 황색계 색소로는 monascin, ankaflavin, 자색계 색소로는 rubropunctatin, monascorubrin, 적색계 색소로는 rubropunctamine, monascorubramine 등이 알려져 있으며(6-8), 홍국 색소의 안정성도 확인되어 천연 식용 색소원으로 이용이 기대되고 있다(9,10). 홍국은 우리나라를 비롯하여 중국, 일본 등 동아시아권 국가에서 전통 발효식품에 많이 이용되어 왔다. 그리고 현재 일본에서는 인체에 무해한 천연색소로서 각종 식품의 착색제로 널리 사용되고 있다. 1992년 통계에 따르면 연간 약 600톤 정도가 소비되고 있으며 그 사용량은 서서히 증가되고 있다(11). 홍국 색소에 관한 국내 연구로는 1970년대 말부터 액체배양에 의한 홍국색소의 대량생산에 관한 연구가 시작되었으며(12), 홍국 색소의 생산과 기능성 물질의

[†]Corresponding author. E-mail : gskwon@andong.ac.kr,
Phone : 82-54-820-5909, Fax : 82-54-820-6252

생산은 사용 균주, 영양 기질, 배양 조건에 따라 구성 성분의 비가 달라지고 배양 조건 중에서도 배지의 성분과 pH 조절 등으로 황색 및 적색 색소의 생산량과 기능성 물질의 생산량이 달라지는 것으로 알려져 있다(13-15). 또한, 홍국색소의 대량생산을 위하여 돌연 변이주의 개발이 보고되었는데 변이원인 NTG (N-methyl-N,-nitro-N-nitrosoguanidine)를 처리하여 색소의 생성력이 높은 변이주를 분리하였다(3,16). 한편, *Monascus* 색소의 생산에 있어서 우수한 변이주에 의존하지 않고 배양 기술의 개발에 중점을 두어 Evans(17)와 Wong(18)은 홍국균의 고정화를 통하여 상승시켜 홍국색소로 인한 product inhibition을 감소시킴으로써 색소의 생산량을 증가시켰다. 그러나 홍국색소와 관련한 대부분의 연구들이 알콜 용해성 색소생산에 연구의 주안점이 맞추어져 있을 뿐만 아니라 수용성 홍국색소에 관련된 연구에서조차 그 효율성이 좋지 못한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 *Monascus purpureus*의 변이주로서 황색색소 생성능이 우수한 *Monascus purpureus* MMK2가 세포외부로 분비하는 황색 색소를 이용하여 식품에 기능성을 부여하고 이용성의 증가를 위한 목적으로 황색 색소 생성능에 관여하는 배지의 조성 및 배양 조건에 대하여 최적 조건을 조사하였다.

재료 및 방법

사용 균주

본 실험에 사용한 균주는 한국식품연구원에서 분양받은 *Monascus purpureus* KFRI 1134와 누룩에서 분리한 홍국균을 UV 조사로 돌연변이를 유도한 다음 야생형 균주보다 색소 생성능이 우수한 균주를 선발하여 *Monascus purpureus* MMK2라 명명하고 이를 본 실험에 사용하였다. 변이주인 *Monascus purpureus* MMK2의 황색 색소의 생성능(28.91 unit)이 모 균주인 *Monascus purpureus* KFRI 1134의 황색 색소 생성능(3.12 unit)보다 약 9.27배 우수한 색소 생성능을 보였다.

균주의 보존

공시균주인 *Monascus purpureus* MMK2를 장기간 보관할 경우에는 활성유지 및 보존을 위해서 PDB (Potato dextrose broth)배지에서 5일간 배양한 균주를 25% glycerol (v/v)용액을 첨가하여 -20℃에 냉동 보관하였다. 또한 단기 보존을 위해 PDA (Potato dextrose agar)배지에 접종하여 30℃에서 5일간 배양한 후 4℃에 보관하면서 사용하였으며, 균의 생리적 활성을 유지하기 위하여 2주 간격으로 계대 배양하였다.

균주의 배양

색소 생산을 위해 *Monascus purpureus* MMK2의 전배양은 색소 생산용 배지로 널리 알려진 Lin's medium (5% rice powder, 0.15% NaNO₃, 0.1% MgSO₄ · 7H₂O 및 0.25% KH₂PO₄)(16)을 사용하였으며, 종배양은 포자 현탁액 1 mL을 접종하여 30℃에서 130 rpm의 속도로 5일간 진탕 배양하였고, 본배양은 종배양과 동일한 배지를 250 mL 삼각플라스크에 50 mL 용량으로 넣고 종배양액을 2% (v/v)로 첨가한 후 초기 pH 5.5, 배양온도 30℃에서 130 rpm으로 7일간 진탕 배양하였다.

황색 색소 생산을 위한 최적 조건의 조사

Monascus purpureus MMK2가 생산하는 황색색소 생산을 위한 배지 조성의 최적 조건을 규명하기 위하여 Lin's medium을 기본 배지로 하여 탄소원, 질소원, 인산염의 종류와 농도 및 MgSO₄의 영향을 조사하였다. 또한 황색색소 생산에 미치는 배양 온도의 영향은 초기 pH 5.5, 진탕속도를 130 rpm으로 하여 배양 온도를 20℃, 25℃, 30℃, 35℃ 및 40℃에서 배양하여 황색색소 생성을 비교하였다. 초기 pH의 영향을 조사하기 위하여 배양온도 30℃, 진탕속도 130 rpm으로 하여 초기 pH를 5.0에서 8.0까지 0.5간격으로 조절하여 황색색소 생성능을 조사하였으며, 배양 시간의 영향을 조사하기 위하여 최적 배지 조건과 배양 조건하에서 배양하면서 일정 간격으로 배양액을 취하여 황색색소 생성 정도를 측정하였다.

색소의 정량

세포외 분비형의 수용성 황색색소의 정량은 배양액을 12,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 얻은 상정액을 이용하였으며 분광 광도계(Shimadzu, Japan)를 사용하여 400 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 흡광도 (OD) 1.0을 1 unit로 나타내었다.

결과 및 고찰

배지조건에 따른 황색색소의 생산

황색색소 생산에 미치는 각종 영양소들의 종류와 농도의 영향을 조사하기 위하여 Lin' medium을 기본 배지로 하여 탄소원, 질소원 및 무기 성분의 종류와 농도를 각각 다르게 하여 실험을 행한 후 황색색소 생산에 적합한 배지 조성을 조사하였다.

탄소원의 영향 : 탄소원의 이용에 있어 세포 구성성분의 약 50%를 차지하고 있는 탄소는 미생물의 증식에 있어 그 구성성분 뿐만이 아니라 증식에 필요한 에너지원으로 작용하는데, 세포내로 들어간 탄소원은 미생물의 증식을 위한 에너지를 생산하기 위하여 전구체로 전환되어 세포의

형성에 이용하게 된다. 이러한 탄소원의 종류에 따른 *Monascus purpureus* MMK2의 황색색소 생성능을 조사하기 위하여 Lin's medium의 rice powder 대신에 sucrose, maltose, glucose, rice flour, barley flour, soybean flour, wheat flour 및 buckwheat flour를 3.0% 첨가하여 초기 pH 5.5, 배양 온도 30°C에서 130 rpm으로 진탕 배양하여 황색색소 생성능을 조사한 결과(Table 1), 탄소원으로 3.0% wheat flour를 사용하였을 때 황색색소의 생산이 13.50 unit로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 buckwheat flour, barley flour 및 maltose 순으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 *Monascus sp.*(5), *Monascus purpureus*(19)가 최적 탄소원으로 각각 rice flour 4%라고 보고하였는데, 이와는 다른 결과를 보였다. 최적 탄소원으로 조사된 wheat flour의 첨가농도에 따른 황색 색소 생성능을 조사한 결과(Table 2), wheat flour의 농도가 3.0%일 때 13.78 unit가 생산됨으로서 가장 높은 색소의 생성능을 보였다. 하지만 4.0% 이상의 농도에서는 오히려 색소의 생성능이 급격히 감소함을 볼 수 있었다.

Table 1. Effect of various carbon sources on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture

Carbon source (3% (w/v))	Production of yellow pigment (unit)
None	0.45(±0.02)
Sucrose	0.93(±0.07)
Maltose	9.78(±0.18)
Glucose	8.22(±0.15)
Rice flour	8.48(±0.31)
Barley flour	10.74(±0.25)
Soybean flour	3.76(±0.09)
Wheat flour	13.50(±0.26)
Buckwheat flour	11.99(±0.32)

The strain was cultured in the Lin's medium supplied with various carbon sources. Yellow pigment was assayed as described in Materials and Methods.

Table 2. Effect of wheat flour concentrations on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture

Wheat flour concentrations (% (w/v))	Production of yellow pigment (unit)
1.0	4.29(±0.16)
2.0	7.81(±0.09)
3.0	13.78(±0.36)
4.0	8.77(±0.07)
5.0	3.57(±0.04)

The strain was cultured in the Lin's medium supplied with various concentrations of wheat flour. Yellow pigment was assayed as described in Materials and Methods.

질소원의 영향 : 미생물에 있어서 질소는 건조 균체중 6~13%를 차지하는 중요 성분으로 세포 내 단백질, 세포벽의 합성 등에 이용되는데, 이러한 질소원의 종류에 따른 *Monascus purpureus* MMK2의 황색 색소 생성능을 조사하기 위하여 최적 탄소원인 3.0% wheat flour가 함유된 Lin' medium을 기본 배지로 하여, 유기태 질소원으로 malt extract, yeast extract, peptone, 무기태 질소원으로 NaNO₃, KNO₃, NH₄Cl, (NH₄)₂SO₄를 0.15% 첨가하여 초기 pH 5.5, 배양온도 30°C에서 130 rpm으로 진탕 배양하여 황색 색소 생성능을 조사한 결과(Table 3), 무기태 질소원인 NaNO₃를 사용하였을 때 황색 색소의 생산이 14.38 unit로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 KNO₃가 높은 색소 생성능을 보였다. 이러한 결과는 질소원으로 NaNO₃를 첨가하였을 때 최대 색소 생성능을 보였다는 Seo(20)의 보고와 일치하였다. 최적 질소원으로 결정된 NaNO₃의 농도에 따른 황색 색소 생성능을 조사한 결과(Table 4), NaNO₃ 농도가 0.1% 이상부터 색소의 생성능이 급격히 증가하여 NaNO₃ 농도가 0.15%에서 15.30 unit로 황색 색소의 생성능이 가장 우수하였으며, 0.2% 이상에서는 황색색소의 생성능이 감소함을 볼 수 있었다.

Table 3. Effect of various nitrogen sources on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture

Nitrogen source (0.15% (w/v))	Production of yellow pigment (unit)
None	6.64(±0.45)
Yeast extract	5.02(±0.31)
Malt extract	2.32(±0.05)
Peptone	5.75(±0.23)
NaNO ₃	14.38(±0.44)
KNO ₃	9.16(±0.44)
NH ₄ Cl	2.27(±0.29)
(NH ₄) ₂ SO ₄	2.35(±0.31)

The strain was cultured in the Lin's medium supplied with various nitrogen sources. Yellow pigment was assayed as described in materials and methods.

Table 4. Effect of NaNO₃ concentrations on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture

NaNO ₃ concentrations (% (w/v))	Production of yellow pigment (unit)
0.05	7.60(±0.40)
0.10	15.09(±0.16)
0.15	15.30(±0.18)
0.20	13.77(±0.19)
0.25	11.64(±0.43)

The strain was cultured in the Lin's medium supplied with various concentrations of NaNO₃. Yellow pigment was assayed as described in materials and methods.

인산염의 영향 : 미생물의 증식에 있어 주요 영양원의 하나인 인산은 세포 구성성분으로 중요한 역할을 한다. 이러한 인산염의 종류에 따른 *Monascus purpureus* MMK2의 황색색소 생성능을 조사하기 위하여 최적 탄소원(3.0% wheat flour)과 질소원(0.15% NaNO_3)이 포함된 Lin's medium에 인산염으로 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , NaH_2PO_4 및 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 를 0.25% 첨가하여 초기 pH 5.5, 배양온도 30°C에서 130 rpm으로 진탕 배양하여 황색색소 생성능을 조사한 결과(Table 5), $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 를 첨가하였을 때 황색색소의 생산이 25.38 unit로 가장 높게 나타났으며, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 농도에 따른 황색색소 생성능은 Table 6과 같이 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 농도가 0.25%일 때 황색색소의 생산이 25.76 unit로써 가장 높은 색소의 생성능을 보였으며, 0.3% 이상에서는 색소의 생성능이 급격히 감소하였다.

Table 5. Effect of various phosphate sources on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture

Phosphate source (0.25% (w/v))	Production of yellow pigment (unit)
None	9.30(±0.29)
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	7.66(±0.28)
K_2HPO_4	13.49(±0.12)
KH_2PO_4	13.39(±0.29)
NaH_2PO_4	10.15(±0.18)
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	25.38(±0.31)

The strain was cultured in the Lin's medium(wheat flour 3.0%, NaNO_3 0.15%) supplied with various phosphate sources. Yellow pigment was assayed as described in materials and methods.

Table 6. Effect of $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ concentrations on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture

$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ concentrations (% (w/v))	Production of yellow pigment (unit)
0.15	19.97(±0.11)
0.20	21.77(±0.25)
0.25	25.76(±0.41)
0.30	20.86(±0.36)
0.35	14.53(±0.22)

The strain was cultured in the Lin's medium(wheat flour 3.0%, NaNO_3 0.15%) supplied with various concentrations of $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Yellow pigment was assayed as described in materials and methods.

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 의 영향 : $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 는 미생물 균체의 세포벽 및 세포막의 구성성분 활성인자로 작용하는데, 이러한 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 의 농도에 따른 *Monascus purpureus* MMK2의 황색색소 생성능을 조사하기 위하여 3.0% wheat

flour, 0.15% NaNO_3 , 0.25% $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 를 기본 배지에 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 를 0.05~0.2%까지 첨가하여 초기 pH 5.5, 배양온도 30°C에서 130 rpm으로 진탕 배양하여 황색색소 생성능을 조사한 결과(Table 7), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 의 농도가 0.15%일 때 황색색소의 생산이 26.64 unit로 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 무기염류로 MnO_2 가 첨가된 것이 가장 높은 색소의 생성능을 보였다는 Kim(21)의 보고와는 다른 결과를 나타내었다.

Table 7. Effect of $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ concentrations on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ concentrations (% (w/v))	Production of yellow pigment (unit)
0.05	9.39(±0.10)
0.10	9.18(±0.56)
0.15	26.64(±0.54)
0.20	13.02(±0.05)

The strain was cultured in the Lin's medium(wheat flour 3.0%, NaNO_3 0.15%, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 0.25%) supplied with various concentrations of $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Yellow pigment was assayed as described in materials and methods.

온도에 의한 영향

배양온도에 따른 *Monascus purpureus* MMK2의 황색색소 생성능을 조사하기 위하여 최적배지에서 초기 pH 5.5, 130 rpm으로 진탕 배양하였으며 배양온도는 20, 25, 30, 35 및 40°C로 하여 황색색소 생성능을 조사한 결과(Fig. 1), *Monascus purpureus* MMK2는 30°C의 배양온도에서 황색색소의 생산이 27.89 unit로서 가장 우수한 색소의 생성능을 보였다. 또한, 배양온도를 35°C이상으로 하였을 경우 색소의 생산능이 급격하게 감소함을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 배양온도를 각각 26~36°C로 조절하여 배양한 결과 색소 생성력은 30~32°C에서 가장 우수하였다는 Kim(22)의

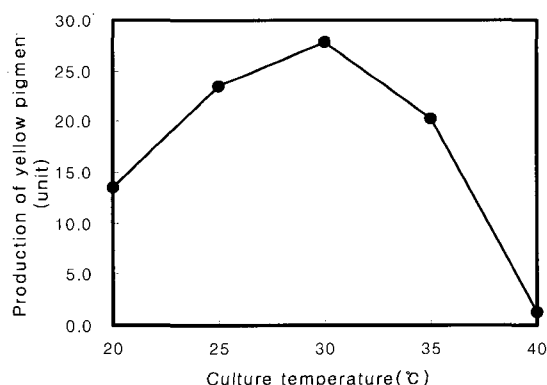


Fig. 1. Effect of culture temperature on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture.

After strain were cultured in an optimum medium at various temperature for 9 days on the shaker. Red pigment assayed as described in materials and methods. The optimum medium is composed of 3.0% wheat flour, 0.15% NaNO_3 , 0.25% $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ and 0.15% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

결과와 Juzlova 등(23)의 액체배양에서 *Monascus* sp. 균주들의 배양온도 범위가 25~37°C이며 그 중 가장 적합한 온도가 30°C임을 밝힌 결과와 일치하였다.

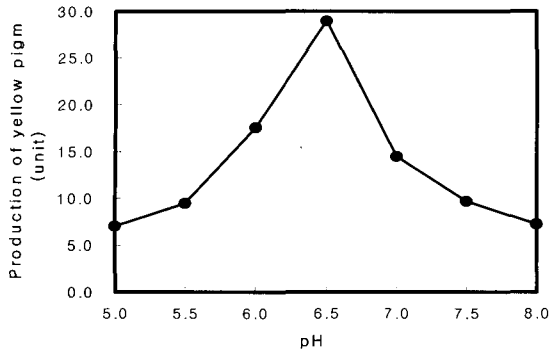


Fig. 2. Effect of initial pH on the production of the yellow pigments by *Monascus purpureus* MMK2 in liquid culture.

After strain were cultured in an optimum medium at various initial pH at 30°C for 9 days on the shaker. Red pigment assayed as described in materials and methods. The optimum medium is composed of the same as Fig. 1.

초기 pH의 영향

pH는 미생물의 성장에 커다란 영향을 미치는데 각각의 미생물들은 주어진 pH 범위에서만 성장하고 성장하기에 가장 좋은 최적 pH가 있다. 초기 pH에 따른 *Monascus purpureus* MMK2의 황색색소 생성능을 조사하기 위하여 최적배지의 초기 pH를 5.0~8.0으로 0.5단위로 조절하여 7일간 배양온도 30°C, 130 rpm으로 배양한 결과(Fig. 2), 초기 pH를 6.5일 때 황색색소가 28.91 unit로서 가장 높은 색소의 생성능을 보였다. 또한, 초기 pH를 7.0 이상으로 하였을 경우에는 색소의 생성능이 현저히 떨어짐을 볼 수 있었다. 이와 같은 결과는 Yoshimura 등(24)도 배지의 초기 pH가 6.5일 때 색소 생산이 최대였으며, Lin(16), Su(25)는 색소 생산의 최적 pH가 6.0이라는 보고와 유사한 결과를 보였다. 그러나 초기 pH 4.5에서 최대 색소 생성력을 보였다는 Chang등(26)의 결과와는 상이하였다.

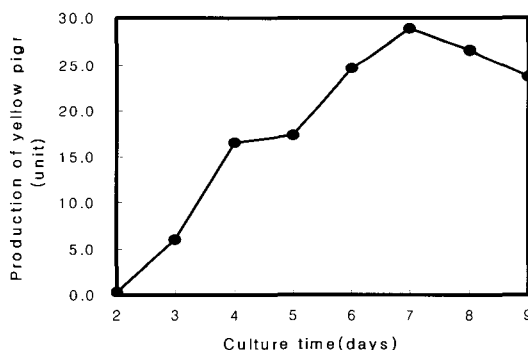


Fig. 3. Changes in the production of yellow pigment by *Monascus purpureus* MMK2 upon culturing period.

Optimum culture conditions about temperature and initial pH were 30°C and 6.5. The optimum medium is composed of the same as Fig. 1.

배양 시간의 영향

Monascus purpureus MMK2의 배양시간에 따른 황색색소 생성능을 조사하기 위하여 최적 배지와 최적 배양조건하에서 배양하면서 일정 간격으로 배양액을 검체하여 황색색소의 생성능을 조사한 결과(Fig. 3), 배양 2일 까지는 색소의 생성이 거의 이루어지지 않았으며, 4일 이후부터 급격하게 증가되어 배양 7일일 때 황색색소의 생성능이 28.91 unit로써 가장 높게 나타났으며, 8일째부터는 오히려 색소의 생성능이 감소되는 것을 알 수 있었다.

요 약

Monascus purpureus MMK2를 이용하여 황색색소 생산을 위한 배양 조건의 최적화에 관한 결과는 다음과 같다. 실험 균주가 생산하는 황색색소의 최적 배양 조건은 탄소원으로 wheat flour 3.0% 첨가, 질소원으로 NaNO_3 0.15%, 인산염으로 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 의 농도가 0.25% 및 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 의 농도가 0.15%일 때 가장 높은 황색색소 생성을 나타내었다. 배양 온도는 30°C, 초기 pH가 6.5 및 배양 시간 7일 일 때 황색색소의 생성능이 28.91 unit로 가장 우수하였다.

감사의 글

본 연구는 2005 중소기업기술혁신개발사업 지원에 의한 연구결과물의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Judie, D.D. (1987) Applications and colorants. Food Technol., 23, 78-88
- Kim, J.Y. and Kim, K.H. (1997) Isolation and characterization of *Bacillus* sp. PY123 producing water-soluble yellow pigment. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 25, 454-458
- Lin, C.F. and Iizuka, H. (1982) Production of Extracellular pigments by mutant of *Monascus kaoliang* sp. nov. Appl. Environ. Microbiol., 43, 671-676
- Kang, S.G., Rhim, J.W., Jung, S.T. and Kim, S.J. (1996) Production of Red and Yellow Pigments from *Monascus anka* in a Jar Fermenter. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 24, 756-762
- Kim, C.S., Rhee, S.H. and Kim, I. (1977) Studies on production and characteristics of edible red color pigment produced by mold (*Monascus* sp.). Kor. J. Food Sci.

- Technol., 9, 277-283
6. Kumasaki, S., Nakanishi, K., Nishikawa, E. and Ohashi, M. (1962) Structure of monascorubrin. Tetrahedron., 18, 1171
 7. Lin, T.F. (1983) The identification and practical classification of *Monascus* sp. (In Chinese). Spec. Top. Sci. Technol. Alc. Bevs., 5, 104-113
 8. Manchand, P.S. and Whalley, W.B. (1989) Isolation and structure of ankaflavin : A new pigment from *Monascus anka*. Phytochemistry., 12, 2531-2532
 9. Huang, T.L. (1981) Fermentative production and toxic test of natural pigment-Monascus pigments. M.S.T., National Taiwan University. Taipei, Taiwan.
 10. Su, Y.C. and Wang, W.H. (1983) Chinese red rice : Anka. In: Handbook of Indigenous Fermented Foods. Marcel Dekker. p.547-553
 11. Lee, Y.K., Chen, D.C., Chauvatcharin, S., Seki, T. and Yoshida, T. (1995) Production of *Monascus* pigments by a solid-liquid state culture method. J. Ferment. Bio., 79, 516-518
 12. Nishikawa, E. (1932) Studies on the biochemistry of mold. The pigments of *Monascus purpureus* Went. J. Agric. Chem. Soc. Jpn., 8, 1007-1011
 13. Kim, S.Y. and Kim, J.K. (1990) Pigment production in *Monascus anka*, J. Korean Agric. Chem. Soc., 3, 239-246
 14. Kim, H.S., Kim, D.H., Yang, H.S., Pyen, Y.R. and Yu, J.H. (1979) Studies on the yellow pigment produced by *Monascus* sp. in submerged culture. Patr I. Isolation of strain and cultural conditions of pigment produced. Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng., 7, 23-30
 15. Carels, M. and Shepherd, D. (1977) The effect of different nitrogen sources on pigment production and sporulation of *Monascus* sp. in submerged shaken culture. Can. J. Microbiol., 23, 1360-1365
 16. Lin, C.F. (1973) Isolation and cultural conditions of *Monascus* sp. for the production of pigment in a submerged culture. J. Ferment Technol., 51, 107-114
 17. Evans, P.J. and Wong, H.Y. (1984) Pigment production from immobilized *Monascus* sp. utilizing polymeric resin adsorption. Appl. Environ. Microbiol., 47, 1323-1326
 18. Wong, H.C. and Bau, T.S. (1977) Pigmentation and antibacterial activity of fast neutron- and X-ray-induced strains of *Monascus purpureus* Went. Plant. Physiol., 60, 578-581
 19. Park, C.D., Jung, H.J. and Yu, T.S. (2005) Optimization of Pigment production of *Monascus purpureus* P-57 in Liquid Culture. Korean J. Bio. Bioeng., 20, 66-70
 20. Seo, S.G., Lee, C.H. and Woo, C.J. (2004) Studies on the Optimal Culture Condition for Production of Red Pigments by *Monascus ruber* on Liquid Culture. Korean J. Food Pre., 11, 111-116
 21. Kim, H.S., Kim, D.H., Yang, H.S., Pyen, Y.R., and Yu, J.H. (1979) Studies on the yellow pigment produced by *Monascus* sp. in submerged culture. Patr I. Isolation of strain and cultural conditions of pigment produced. Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng., 7, 23-30
 22. Kim, H.G., Park, G.T. and Son, H.J. (1998) Characterization of Red Pigment Production by *Monascus anka*. Korean J. Food and Nutr., 11, 612-616
 23. Juzlova, P., Martinkova, L. and Kren, V. (1996) Secondary metabolites of the fungus *Monascus*: a review. J. Ind. Microbiol., 16, 163-170
 24. Yoshimura, M., Yamanaka, S., Mitsugi, K. and Hirose, Y. (1975) Production of *Monascus*-pigment in submerged culture. Agri. Biol. Chem., 39, 1789-1795
 25. Su, Y.C. (1983) Fermentative production of anka-pigments (*Monascus*-pigment). Kor J Appl Microbiol Bioeng., 11, 325-337
 26. Chang, U., Kim, H.S., Son, C.H., Bae, J.C. and Yu, J.H. (1980) Studies on the yellow pigment produced by *Monascus* sp. CS-2; Patr I. Cultural conditions for yellow pigment production, Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng., 8, 119-123

(접수 2006년 1월 2일, 채택 2006년 3월 24일)